4

DISQUISITIONES

DE SENSU ELECTRICO.

COMMENTATIO

QUA AD AUDIENDAM ORATIONEM

PRO ADITU MUNERIS PROFESSORIS ORDINARII

IN ORDINE MEDICORUM UNIVERSITATIS FRIDERICIAE GUILELMIAE RHENANAE

DIE XXI. M. MARTII A. MDCCCLX. H. XI. IN AULA MAXIMA

PUBLICE HABENDAM

INVITAT

AUCTOR

E. F. W. PFLUEGER.

BONNAE

APUD ADOLPHUM MARCUM.

MDCCCLX.

In disquisitionibus de electrotono nervorum motoriorum a me institutis, (vide E. Pflüger, Untersuchungen über die Physiologie des Electrotonus Berlin 1854.) theoriam irritationis nervorum electricae constitui, quae omnes hucusque hac de re observationes varias explicare videbatur. Cuius hypothesis basis in eo posita erat, ut nervus, flumine electrico, in non omnibus iis partibus irritetur, quas vis electrica directe tangat. Katelectrotono oriente, anelectrotono evanescente, neque alio modo fit irritatio nervorum. Sicut enim constat, in regione anodae alium certum statum, a cathodae statu differentem semper oriri, qualiscunque sit fluminis directio, disquisitionibus meis probatum est. Diminuitur circuitu cluso nervorum in anodae regione irritabilitas, aeque ac eorum ad electrotonum recipiendum facultas; in kathodae vero regione illae augentur. Quae vero intra polos nervorum pars posita est, partim ab anelectrotono, partim a katelectrotono occupatur ita ut *„puncto indifferenti"* ambo dividantur. Inde ab illo brevi tempore factorum novorum series gravissima a physiologis reperta est, theoria irritationis mea ducente.

Hisce pagellis illas physiologiae nervorum generalis partes s. observationes, nondum explicatas, e theoria deducam, novaque facta, denuo theoria reperta, exponam.

Ad lectorem in hanc physiologiae partem facilius introducendum quae aliis locis a me de irritationis theoria dicta sunt, verbis repetam brevissimis.

Ex lege musculorum contractionis, flumine electrico productae, ascendente flumine incipientes, vim electricam minimam clusione neque aperitione efficere contractiones demonstravimus (vide Electrotonus p. 454). Quae facillime intelleguntur cum catelectrotonus anelectrotono fortius nervum irritet, qui locum musculo propinquio-

rem ideoque irritabilitatis minoris occupat. Flumen maius electricum ascendens et clausa et aperta catena contractiones efficit. Flumine crescente electrotonus augetur; anelectrotono maiore reactio apperitione effecta, ideoque contractio augetur. Ascendente flumine magnam vel maximam vim praebente, clusione nullus, aperitione effectus maximus producitur.

Quia anelectrotonus magnus et maximus nervi irritabilitatem maxime diminuit, e cathodae regione orta nervi innervatio per illam partem ad musculos propagari nequit ideoque fluminis clusione ascendentis effectus nullus est.

Fluminis electrici descendentis vis minima clusione neque aperitione producit contractiones. Facillime vero minimi descendentis aperitione fluminis contractio minor observatur. Quamquam anelectrotono evanescente pars nervi a musculo remotior quam catelectrotono oriente irritatur, ideoque anelectrotoni effectum maiorem esse exspectares, tamen catelectrotonus, per se multo fortior nervorum irritator, praeponderat. Flumine electrico crescente contractiones augentur, et clusione et apertione effectae cum eadem causa et anelectrotonus et catelectrotonus augeantur. Simul ac vero fluminis vis certam finem transiit, contractio, apertione effecta, evanescit, clusione producta remanet. Clusione semper effectus observatur, quia irritatio catelectrotonica facillime ad musculum propagatur. Irritatio vero anelectrotono orta evanescente, musculum attingere nequit, cum illam nervi partem penetrare deberet, quae iam „modificatione negativa maxima“ occupatur. Iam porro clusionis et apertionis effectum fluminis directione varia comparemus; ascendens clausus vi minima contractiones efficit, descendente motum nullum producente. Aperitione vero flumen descendens ascendente maius evadit. Quae omnia theoriae nostrae omnino consentanea sese habent. Ascendente rivo cluso partem nervi superiorem, descendente inferiorem irritatio obtinet, quam ob causam effectus fluminis ascendentis maior videtur. Aperto vero flumine descendente superior nervorum pars, ascendente inferior incitatur, ideoque flumen descendens praeponderat.

Certis vero conditionibus lex ita dicta contractionum variatur certis modis. Tum vero nervus mutatus est, affectus aut morte incipiente, aut incitationibus maioribus praegressis, aut flumine constante adhibito.

Viri illustrissimi, doctissimi, amicissimi, A. de Bezold et Isidor Rosenthal variationes illas morte incipiente productas disquirentes leges repererunt scitu dignissimas. Tres mortis nervorum gradus discernentes, illum primum appellant, quo lex contractionum ab ea nervi vivi minime discrepat. Qualiscunque igitur fluminis electrici minimi directio sit, clusionis effectus apertione maior est. Gradu secundo idem flumen electricum quacunque directione et clusione et apertione contractiones producit. Si iam vires electricas attenuamus, flumen descendens apertione, ascendens solum clusione effectum habent. Quod factum hucusque legem Nobilianam inversam appellavimus. Tertio denique gradu rivi descendentis clusio, ascendentis apertio contractiones solum efficit et ita lex usque ad mortem valet. Quem ultimum gradum legi Nobilianae consentaneum esse facile intelligitur.

Antequam phaenomena illa explicem, incitabilitatem nervi, morte incipiente affecti, primo augeri nobis in memoriam reducamus necesse est. Incitabilitas ad maximum aucta diminuitur iterum tandemque evanescit. Quo sectioni nervorum pars certa propinquior, eo velocior illa graduum series est, quam ob rem, mortem a sectione orientem ad musculos per nervos motorios sicut irritabilitatem maximam descendere videmus. Quae si, electrodis nervo impositis, descendit usque ad superiorem electrodam, huic incitanti secundo gradu parat praestantiam. Semper iam electroda superior inferiori fortior est. Itaque fluminis descendentis apertio non clusio, ascendentis clusio non apertio contractiones efficit. Gradu tertio irritabilitas maxima illam nervi partem attigit, cui electroda inferior apposita est, quae valde superat efficacitate superiorem, illum nervi punctum incitans, quod facillime movetur. Itaque fluminis descendentis clusio neque apertio, ascendentis apertio neque clusio contractiones fortiores efficit.

Iam ad legis Nobilianae explicationem transgrediamur. Disquisitionibus meis haec facta eo consistunt, ut certis conditionibus flumine descendente, per longius tempus nervum interfluente, apertionis catenae electricae effectus diminuatur, flumine ascendente vero clusionis. Itaque flumen, per longius tempus nervum afficiens, effectum praebet, tamquam auctum fuisset, quia nervus debilitatus est. Phaenomena flumine ascendente producta, omnino theoriae consentanea sunt, quia anelectrotonus flumine longius durante augetur, et punctum indifferens loco movetur ad electrodam negativam. Variationem legis Nobilianae, flumine descendente

effectam facillime intelligamus, modificationem negativam rivo durante augeri statuentes.

E theoria incitationis electricae mea conclusi, temporis spatium, quod inter incitationem nervi et musculorum contractionem intersit, varium esse, prout rivo descendente aut ascendente, clusione aut apertione producatur irritatio. Nam si clusione cathoda solum irritat, contractio musculi, electrodis fixis rivo descendente, prius quam rivo ascendente oriatur oportet; si vero apertione anoda solum nervum incitat, prius musculus flumine ascendente quam descendente movebitur. Positione semper immota electrodarum contractio fluminis descendentis clusione prius quam apertione orietur, ascendentis apertione prius quam clusione. — A. de Bezold, cui illas conclusiones iam Berolini in praelectionibus meis publicis exposui, benevole instituit disquisitionem difficillimam quae et ingenii acumine et diligentia eximia, theoriam meam denuo omnino confirmavit.

Postquam ita lege universali omnes observationes, hucusque de nervo motorio factas, explicaveram, theoriae fines factis proferre studui.

Si doctrina illa, differentiam inter nervos sensitivos et motorios esse nullam, veritati consentanea est, eadem lege nervi sensitivi ac motorii flumine electrico incitentur oportet.

Ad hanc quaestionem solvendam quae mox explicabo institui experimenta. Priusquam vero facta reperta narrabo, de methodis quibus usus sum loquar.

Primo disquisitionibus obiectivis, in rana esculenta physiologica institutis, incipere mihi proposui, ut illas disquisitiones aliorum subiectivas diversas et repugnantes, quae ut ex ipsa rei natura sequitur minus accurate peracta sunt et peragi possunt, explorem et aestimem.

Quem ad finem ranae modo apto veneni dedi narcotici dosim minorem se sufficientem, ut medulla eius spinalis quamque e nervo sensitivo irritationem ortam et ad sensorium commune propagatam in nervos motorios reflecteret.

Variis experimentis tentatis hancce reperi venenum dandi methodum aptissimam. Sectione minore animalis abdomen aperitur ita ut pulmones aëre imbuti experimentanti facile sese praebeant. Deinde radium vitreum tenuem solutione strychnini nitrici concentrata tingo et guttulam minimam in faciem pulmonum externam impono. — Non minus idoneum mihi visum est in vulnus dorsi muscu-

lare venenum strychnini nitrici infundere. Veneno dato, rana in tabella bene illigata, intacta ab experimentatore et quieta remanet. Nonnumquam impulsa leniter tabella, num incitabilitate medullae spinalis aucta, artus spasmo commoveantur, caput tollatur, oculi immissi claudantur, disquiramus. Tali experimento ne illas commotiones anxietate neque veneno productas confundamus. — Qua methodo adhibita commodo utimur maximo, medullam spinalem incitabilitate magna levissima incitatione cutanea, vel peripherica nervorum moveri, sed contractionem clonicam praetereuntem neque tetanum musculorum producere. Incitationem brevissimam nervi ischiadici cum medulla spinali cohaerentis, sequitur momentanea musculorum contractio. Aut post longius tempus aut non augetur medullae spinalis veneno incitabilitas, ita ut nervorum periphericorum stimulus rapidus durantes contractiones vel tetanum maximum producat. Ita disquisitiones non difficilius quamquae praeparato nervoso-musculari, ab animale vivente remoto, peraguntur. Si venenum ori infundas, variis ex rationibus rectum incitabilitatis gradum veneno difficilius efficiemus, quod iam ab Aemilio Dubois-Reymond cognitum est, strychnini tetano diminutionem rivi electrici nervorum demonstrante. Nihil vero, methodo supra dicta adhibita, facilius est, si ranam veneno incitabiliorem quocumque modo irritemus. Irritatione sublata tollitur tetanus.

Cautio secunda a nobis adhibenda est ut praesertim apparatus electricos moventes omnes animalis secussiones fugiamus. Quam ob causam ranam in tabella muro affixa posui apparatus vero electricos in alia tabula.

Ut turbationibus illis, quae sectione nervi oriuntur liberarem, nervum ischiadicum prorsus nudavi, femur cum musculis removens, profluvium sanguinis sistens, sed crus conservans, ita ut solo nervo cum trunco cohaereret. Sicut facillime e rei natura sequitur, ne ullam nervorum sectionem faciamus, cruris cutem optime servabimus. Praeparatione peracta nervorum incitabilitatem persistentem cutis irritatione cruris examinemus.

Crure ligamentis elasticis tabellae vitreae affixo, animal ita firmatur, ut nervus ischiadicus non intensus positionem occupet horizontalem.

Cum lex contractionum, quas rivi maiores et maximi efficiunt, eximiam differentiam, differente fluminis directione, praebeat, primo efficacitatem vis electricae maioris in nervos sensitivos disquisivi. Ascendentis enim fluminis clusio fortis et

descendentis apertio nullam, apertio ascendentis, clusio descendentis maximam vim exercet. Fluminis electrici minimi cuiuslibet directionis clusione nec apertione incitatur nervus a statu normali minime discrepans. Vim vero effectus, qui fluminibus diversae directionis producuntur, non omnino eandem reperimus; haec vero lex vera nervi mutationibus, quae a sectione nervorum mox propagantur, variatur et facile evanescit. Disquisitiones catena Voltana quam a quatuor usque ad sexdecim elementa auxi incepi. Quod sexdecim elementis producitur flumen Groveanis, regione intrapolari 5 Mm. longa, tam forte est ut nervus brevissimo tempore deleatur. Ut flumen et ascendente et descendente directione in nervum ducere possem, commutatore s. gyrotropo utebar, qui ab illustrissimo Pohl constructus est. Electrodae nervo impositae, stanno paratae, spatium II–V Mm. praebebant. Parva ita dicta polarisatio experimenta, eorumque veritatem turbare non poterat, quia vis catenae Voltanae electromotoria tam fortis fuit, ut polarisatione stanni galvanica diminuta semper multo maior remanserit quam necesse fuit, ut supremus contractionum legis gradus observari posset. Ut vero quascunque hac de re dubitationes removerem, experimento et sine polarisatione galvanica earum electrodarum ope repetii, quas accuratius in opere meo de electrotono (vide p. 95) descripsi. Effectus semper idem videbatur.

Ut fluminis electrici clusio semper eodem modo hydrargyro fieret, apparatu electro-magnetico qui dicitur „Fallapparat“ utebar, quem in eodem opere de electrotono descripsi. Hydrargyri superficies semper tanti splendoris erat, ut imaginem redderet. Postquam omnia modo exposito ad experimenta facienda praeparata sunt, operatione in animale peracto, veneno ranam imbuimus.

Secundum meam irritationis electricae legem quia anelectrotono fortissimo non solum nervus non irritatur sed etiam innervationes per regiones ab illo occupatas scilicet anelectrotonicas propagari non possunt, clusionem descendentis fluminis electrici nullum, apertionem magnum in ischiadico sensitivo effectum producturam esse exspectavi. Apertione effectus magnus observetur oportet, quia irritatio, anelectrotono evanescente producta facillime usque ad medullam spinalem propagari potest. Rivo inverso adhibito lex coniiciebatur inversa.

Experimenta hac de re tentans, ad exitus perveni, qui in summa sed non omnino et accurate praedictioni meae consentanei videbantur. Semper et sine ex-

ceptione magnum effectum rivi ascendentis clusione et apertione descendentis, nullum aut debilem clusione fluminis descendentis et ascendentis apertione observavi. Hic maxime notandum erat, illas conditiones, quibus nulla musculorum contractio (lege contractionum) producatur, nonnunquam maiorem vel minorem effectum procreavisse. Initio nervorum sensitivorum incitabilitatem motoriis maiorem putavi aut apparatus earum in medulla spinali irritabiliores quam musculus metiens motoris irritationem. Ad producendum anelectrotonum maiorem numerum catenae Voltanae elementorum usque ad sexdecim auxi. Experimentis denuo repetitis exitus peior factus mihi videbatur. Effectus normales, i. e. legi consentanei, clusione rivi ascendentis, descendentis apertione maximi numquam meliores desiderabantur. Attamen et hic semper hoc notatu dignissimum observavi, durante flumine descendente ranam semper quietissimam remanere, quamquam clusio effectum habuerat. Post clusionem rivi ascendentis facilius observatur tetanus reflexorius, quod omnino theoriae nostrae quia legi contractionum (Zuckungsgesetz) consentaneum videtur.

Cum igitur experimentorum exitus ex parte sed non omnino theoriam confirmare viderentur, aliquam conditionem a me neglectam legem puram obtegere, existimavi, quamobrem iterum omnes illas conditiones diligentissime examinavi.

Quod repererim, a me primo neglectum iam exponam. Flumino cluso electrico maximo, nervus omnis statu occupatur electrotonico tam forti, ut qui rami ad musculos femoris descendant, polarisatione secundaria affecti sint. Contractionibus igitur, ita dictis paradoxis s. musculorum secundariis inde productis, ranae cutis quamvis leviter teritur, ita ut hanc ob causam, non clusa catena electrica, parvus effectus contractionum reflexoriarum observetur. Quod incommodum experimenta in praeparato nervoso-musculari, a corpore animalis remoto, turbare numquam poterit. Contractio igitur illa contra legem pugnans non directe fluminis descendentis clusione et ascendentis apertione effecta erat. Si flumen maiorem vim habet et electrodae medullae spinali propinquiores sunt, in medulla ipsa contractiones paradoxae gigni possunt. Postquam ita eam conditionem cognoveram, quae experimenta s. legem turbavisse poterat, remedia facillime reperta erant, quibus lex pura demonstraretur.

Ranis adhibitis maximis Berolinensibus, qui ab ischiadico nervo ramos ex-

oriuntur ad musculos femoris persecavi, e pelvi prodeuntes, et electrodas nervo imponendas a medulla spinali quam maxime usque ad genu regionem removi. Flumine minori, II—IV elementis groveanis, producto, usus sum. Sed iam duo elementa plerumque ad legem puram demonstrandam sufficiunt. Quibus conditionibus observatis rivi descendentis clusio nullum, ascendentis apertio parvum aut nullum effectum habebat, fluminis descendentis apertione ascendentis clusione contractiones producentibus maximas. Si vero electrodas prope ad ramos, non sectos aut usque ad plexum sacralem admovebam, contractiones parvae, non prius observatae, irritatione secundaria producuntur. Quo minor vis fluminis erat, eo medullae aut ramis ischiadici propinquiores electrodae sine legis turbatione esse possunt.

Quibus, quod necesse est, conditionibus provisis, lex theoriae omnino consentanea observatur, id est eadem nervorum sensitivorum ac motoriorum.

Saepe experimentum eodem exitu repetii electrodis, quas polarisatio galvanica non afficit. Isolatio ranae corporis et cruris electrica cautissime semper praeparanda est. — Experimenti exitus non mutatur si nervum in regione genu crurem removentes persecamus.

Iam nonnulla de contractionibus cruris in tabella vitrea firmati, notatu digna exponam. Cuius moventur semper musculi, si rana alia quiete manet et si rana contractionibus reflexoriis fluminis irritatione movetur, crus quiescit, quamvis semper cruris fibrae nerveae irritatae fuisse debent, si rana spasmis conquassatur, quod iterum theoriae irritationis omnino consentaneum videtur.

Quae res gravissima notatu digna est. Rivum enim descendentem apertum magna ranae secussio sequitur reflexoria; crus solum, quod eiusdem fluminis clusione solum contrahitur, quiete manet. Quibus igitur causis irritatio e medulla spinali per nervum ischiadicum incitabilem usque ad cruris musculos non propagatur, contractionem cruris producens reflexoriam ita ut rivo descendente magno aperto contractionem magnam gigni videatur? Qui exitus minime exspectandus erat, quia electrotonus fugiens maximus in nervo modificationem relinquit positivam. Sed iam in opere meo de electrotono coniecturam feci, non solum rivo minori sed etiam maximo catelectrotonum fugientem primo tempore negativam modificationem relinquere quae eo citius evanescit quo fortius flumen electricum est.

Si discrimen omnino nullum inter nervos motorios et sensitivos esse concedamus, theoria mea porro confirmata videtur, circuli electrici clusione aut apertione non ea causa contractionem nonnumquam deficere, quia nervus non irritatus est, sed quia irritatio conditionibus certis, quae partes eius quasdam occupant, usque ad musculos propagari non potest.

Non primus illam nervorum sensitivorum legem observabam; cum aliis viris doctissimis disquirentibus similia phaenomena viderentur. Ego vero conditiones veras quibus haec lex gravissima semper observari potest reperi. Alii alium experimentorum exitum, exposito repugnantem, pronunciaverunt.

Ita Marianini ad speculationes suas de nervo confirmandas experimenta instituens, legem de irritatione nervorum sensitivorum electrica pronunciavit, nostrae omnino consentaneam. Methodus, qua Marianini usus est, imperfectissima videtur, qua ex causa facile explicatur, eum, sicuti scripsit saepe legem variatam et inconstantem vidisse.

Matteucci disquisitionibus suis exitum similem, ut Marianini, in ranis et cuniculis observavit. Sed neque Matteucci neque Marianini causas diversarum aliorum hac de re opinionum exponere potuit. Ita a viris illustrissimis Voltano et Rittero diversus exitus pronunciatus est.

„Une chose, dicit Volta, que je dois encore faire remarquer, c'est que toutes ces sensations de picotement et de douleur sont plus fortes et plus aigues, les autres choses égales, lorsque la partie du corps, qui doit les ressentir, se trouve du coté de l'électricité négative, c'est à dire, placée de manière dans le cercle conducteur, que le fluide electrique parcourant ce cercle ne soit pas dirigé contre cette partie sensible, qu'il ne s'avance pas vers elle et y entre de dehors en dedans, mais bien que sa direction soit de dedans en dehors, en un mot, qui'il en sorte ...“ (E. Dubois-Reymond, Untersuchungen über thierische Electricität. Bd. I. p. 355).

Marianini illa suae legi experimenta repugnantia ita interpretavit, ut vi fluminis electrolytica in vulneribus, quibus electroda negativa imposita sit, materia irritans producatur, quo dolor cathoda productus explicetur. Sed iam Aemilius Dubois-Reymond recte dixit, Voltanam expressionem omnino generalem esse, quia eadem in cute sin evulneribus observari possint. (Dubois-Reymond, Untersuchungen über thierische Electricität. Bd. I. p. 360.)

Sequitur vero ex iis quae exposuimus, Marianinum contradictionem illam interpretatione sua compensare non potuisse.

Dubois-Reymond vero in diiudicandis experimentis a Marianini factis, legis sensationum electricarum ponit inversionem, quae nudatione et praeparatione nervorum, quamvis diligentissime et cautissime facta, producatur.

Quae vero Duboisii expositio veritati non consentanea est, quia in eodem nervo, qui praeparationis iniuriae expositus erat, mox legem a Marianino, mox a Rittero promulgatam sponte nostra producere possumus, si rivi vim recte eligimus. Quia experimenta, a Voltano, Humboldtio, Rittero et aliis instituta, non solum in corpore proprio, sed etiam in vulneribus cutis facta sunt, densitatem rivi electrici minorem esse verisimile videtur.

Veritati igitur consentaneum erit, si, illa experimenta subiectiva fluminis electrici viribus minoribus tentata esse statuamus. Itaque si relationes quae inter legem contractionum et sensationum exstant, aestimare volumus, leges, sicuti fluminibus minoribus observantur, comparandae sunt. Nam et contractionum lex vi fluminis diversa variatur.

E lege contractionum, rivo minimo adhibito, clusio ascendentis, descendente maiorem effectum exercet, quamquam vis fluminis ascendentis maxima clusione nullas, descendentis maximas musculorum motiones producit. Similia de apertione dicere possumus. Apertio fluminis minoris ascendentis minorem quam descendentis efficacitatem exercet. Inversa lex, rivo maximo adhibito, observatur.

Theoriae igitur omnino consentaneum est, si rivus minor descendens clusione maiorem vim quam ascendens exercet et si apertione descendentis sensatio minor quam ascendentis producitur. Quae a Rittero revera instituta sunt.

Iam experimentis illis subiectivis securitatem plenam dare studui, apto modo in ranis, veneno narcotico imbutis, repetens. Fluminis electrici vis rheochordae electricae ope variabatur et electrodis adhibitis, quae polarisatione galvanica non afficiebantur, nervus irritabatur. Gyrotropo, qui a Pohlio constructus est, fluminis directio facillime variari poterat. Ut vim electromotoriam, electrodis productam, statim observare possem, multiplicatore electro-magnetico magno, qui mihi flumen nervorum electricum demonstranti servit, utebar. Si acus magneticus

multiplicatoris circuitu cluso, catena Voltana non adhibita, immota manebat, experimenta incipiebam.

Quamquam omnes conditiones, quae ad experimenta facienda necessaria videbantur, a me non neglectae erant, tamen exitus coniecturae et spei meae minime respondebat. Id solum semper vidi, legem sensationum electricarum, quae fluminibus minoribus valet, aliam esse quam quae maioribus et maximis fluminibus producitur. Nam saepe fluminis et descendentis et ascendentis clusione neque aperitione contractiones reflexoriae observabantur. Saepe clusio rivi descendentis minimi ea sola conditio erat, qua contractiones gigni poterant, quod theoriae consentaneum est, sicut expectaveram. Legis vero tam saepe observavi exceptiones quas tollere omne labore adhibito, non poteram, ita ut ipse legem sensationum electricarum, rivis adhibitis minimis, theoriae consentaneam experimentis *obiectivis* satis confirmatam esse negem.

Verbis brevissimis quas observavi legis normalis exceptiones iam exponam. Non raro, rivum descendentem electricum solum aperitione neque clusione effectum habere vidi, quamquam vim minimam exercebat. Saepius et constantius rivo electrico ascendente adhibito minimo, clusio maiores contractiones quam apertio producebat. Iam, multo labore et tempore ad has disquisitiones finiendas consumtis, constantem legem et rivis minoribus observandam certissime reperiri posse, credo, legis inventis turbationibus, quarum causa in disquisitionibus meis fortasse cognita ideoque vitata non fuerat. Multis causis, quae exstare hic poterant et longas disquisitiones postulare videbantur, finem ultimam otio non sufficiente hucusque attingere non poteram. Verbis nonnullis illarum conditionum, quae fieri possunt, partem minorem lectori exponam, ut difficultates maximas quae experimentatorem onerent cognoscat. E theoria irritationis electricae mea, a duabus optime discernendis conditionibus irritatio pendet, primo ab efficacitate poli respectivi catenae Voltanae, deinde ab intensitate, qua innervatio propagata nervorum apparatus attingat, qui productis motionibus oculo apertis vim irritationis indicet. Prima conditio, ut ex ipsa rei natura sequitur, praeter poli respectivi efficacitatem ab incitabilitate illius nervi partis pendet, quam electroda directe irritat. Quae vero nervi incitabilitas inconstantissima ex iis causis, quas exponam mihi videtur. Adhibita nostra praeparandae ranae methodo, nervi ischiadici pars maior sicut crus

sanguinis nutrientis circulatione caret. Quia iam haec nervi pars morte incipiente afficitur, incitabilitas augeat oportet. Sed eadem causa veneni narcotici hanc nervi ischiadici partem non attingit efficacitas, quae, sicut clarissimus Funkius demonstravit, experimentis in multiplicatore electromagnetico factis, incitabilitatem primo quoque tempore auget. Diminutionem enim nervorum rivi electrici apud eos nervos, qui veneno strychnini imbuti erant, maiorem observabat. Alia vero nervi ischiadici pars, quae in abdomine et medulla spinali iacet sanguinis circulatione sicut antea, nutritur et hanc ob causam statum normalem conservare deberet. Cum vero idem sanguis venenum nervis afferat narcoticum, incitabilitatem et harum nervi partium augeri necesse videtur. Duae igitur nervi ischiadici partes in eodem modo duabus his conditionibus mutantur. Si incitabilitatis incrementa in omnibus nervi ischiadici partibus eadem essent, lex efficacitatis rivi electrici variari non posset. Cum vero illarum duarum conditionum nervum ischiadicum mutantium una ab altera minime pendeat, incrementa omnia producta incitabilitatis paria ubique non esse facillime intelligimus. Iam si haec incrementorum differentia certam finem transiit, e theoria mea et contractionum et sensationum lex electricarum mutetur oportet. In summa disquisitionibus meis, quas enarravi, electrodam superiorem fortiorem efficacitatem exercuisse, probatum mihi videbatur, cum minimus rivus descendens facile solum apertione, ascendens fere semper solum clusione contractiones reflexorias produceret. Quae quum ita sese habeant, in disquisitionibus meis incitabilitatem in nervo ischiadico superiore maiorem fuisse quam in inferiore mihi videtur. Sicut ex ipsa natura rei sequitur, illae turbationum causae non solum moveri, sed etiam, quod peius videtur, eorum effectus ad calculos vocari non possunt.

Quam ob causam iam experimentis, quas exposui, subiectivis contenti esse debemus, cum theoriae consentanea sint eamque confirment.

Si igitur omnino verisimile videtur, nervos sensitivos ex eadem lege qua nervos motorios rivo galvanico excitari, hisce disquisitionibus peractis nervos organorum sensuum ab illa lege generali fere omnes omnino discrepare, maxime mirari debemus.

Iam vero exponam, quae nota sunt experimenta aliter explicari posse, ita ut theoriae irritationis electricae et identitatis nervorum omnium magis consentanea videantur. A lege electricae nervi optici irritationis initium faciemus. Omnino

theoriae consentanea quae illustrissimus Purkinje observavit, videntur, clusionem rivi cuiuslibet directionis maiorem efficacitatim quam apertionem exercere. (Purkinje, Neue Beiträge etc. Berlin 1825. p. 25 etc.). Sed Ritteri, Purkinei, Pfaffii et Mostii hac de re sententiae in unum omnino congruerunt, clusione rivi electrici ascendentis effectum maiorem quam clusione rivi descendentis produci, quod theoriae de nervorum idenditate et irritationis electricae minime consentaneum videtur.

Aemilius Duboisius, qui de historia horum phaenomenorum quam diligentissime scripsit, eandem sententiam ac illi experimentatores pronunciat et, si Ritteri lex contractionum recta s. veritati consentanea sit, legem nervi optici electrice irritati inversam existimat. Meis disquisitionibus, ab illustrissimo Rittero observata omnino recta esse, iam cognovimus. Inversa vero lex nervi optici hanc ob causam illustrissimo Duboisio videtur, quia clusione rivi eius directionis musculorum motus maior producitur, quae innervationi (Nervenprincip) contraria est, nervum opticum ea fluminis electrici directione facilius et fortius irritante, quae innervationi consentanea est. E sumtione sua Duboisius sine dubio rectissime conclusit. Quae vero Duboisii et aliorum experimentatorum sumtio maxime dubitari potest.

Brevi verbo fluminis electrici directionem in experimentis Ritteri, Purkinei, aliorumque experimentis inverse indicatam fuisse, verisimile mihi videtur, ita ut rivus re vera descendens fuerit, dum experimentatores eum ascendentem esse putabant, et ascendens, dum rivo descendente nervum irritari iis videbatur.

Experimenta enim semper ita instituere solebant, ut electrodam unam oculo imponerent, altera aliam corporis partem tangente. Quibus conditionibus rivus per oculum in corpus aut e corpore per oculum mittebatur. In definienda directione fluminis, quod nervum incitabat, semper solum de trunco nervi optici numquam de ramis in retina periphericis cogitabant, quamquam ramis nervorum sensitivorum periphericis maiorem incitabilitatem quam truncis esse per longum tempus cognitum est. Iam cum nervorum opticorum elementa, quae luce obiectivo irritentur, non fibrarum strata sint, superficiem parallelon superficiei scleroticae formantes, sed stratum bacillorum, quod dicitur membrana Iacobiana, ultimi nervorum opticorum rami, retro ad bacilla radiantes, et cum iis cohaerentes, quod experimentis a Purkineo et Henrico Muellero Wirceburgensi probatum esse mihi videtur, directionem

aliam ac fibrae trunci nervi optici habeant oportet. Quae cum ita sint, in omnibus illis experimentis truncus nervi optici descendente flumine electrico, ramuli retinae peripherici ascendente vero irritabantur; si rivus truncum ascendente directione interfluebat, ramuli peripherici, bacillorum pediculi, descendente rivo movebantur. Quia praeterea nervi optici truncus ab electroda retina remotior erat, densitatem rivi minorem in trunco nervi fuisse videtur.

Si igitur, quod veritati omnino consentaneum erit, ramulos nervi optici periphericos trunco incitabiliores esse statuamus, semper in diiudicanda fluminis directione ramulos illos sed non trunci fibras respiciemus. Iam et nervum opticum eadem vel simili lege rivo electrico adhibito ac nervi sensitivi irritari statuere possumus.

Quae porro Ritterus de nervo acustico pronunciavit, theoriae omnino consentanea videntur, cum rivum descendentem ascendente maiorem effectum clusione habere ponat. Quae vero a Rittero de nervo acustico experimenta tentata, observandis conditionibus omnibus non accuratissime observatis, falsa esse posse, ne oblivicamur.

Si porro leges irritationis nervorum olfactus et gustus disquiramus, e quibus a clusione et apertione rivorum diversae directionis pendeant, conditiones, experimenta turbantes invenimus, cum hic et qualitas sensationum varia neque ita distincte et facile ab omnibus observetur. Nam directio, quae ascendens videtur esse, acidum saporem et olfactum clusione, quae descendens alcalicum saporem et olfactum putridum producit. Quae cum ita sese habeant, hucusque legem quae nervo olfactorio et glossopharyngeo vel nervis gustus valet, cum lege, e qua nervi motorii et alii sensitivi, quos melius experimento subiectivo et obiectivo disquiramus rivo electrico moveantur comparare non possumus.

Itaque hisce disquisitionibus peractis me constituisse credo, rivis galvanicis magnis et maximis adhibitis sine dubio eandem reactionis nervis sensitivis ac motoriis legem valere, eandemque fluminibus electricis minoribus nervo immissis verisimilem videri. Si porro interpretationem meam, analogia fortem eorum de nervo optico experimentorum, quae Ritterus, Purkineus, alii instituerunt, concedimus, non solum nervi sensitivi, sed etiam nervi sensuum eadem lege vi electrica adhibita moveri videntur.

Bonnae, formis Caroli Georgi.